

明 細 書

AP20 Rec'd PCT/PTO 23 JUN 2006

## FM-CWレーダの信号処理方法

## 技術分野

本発明は、FM-CWレーダの信号処理方法に関し、特に上昇時又は下降時のピーク周波数が検出帯域を超え、折り返しピーク周波数が発生した場合でも、正確にペアリングすることができるFM-CWレーダの信号処理方法に関する。

## 背景技術

FM-CWレーダは、例えば三角波形状の周波数変調された連続の送信波を出力してターゲットである前方の車両との距離を求めている。即ち、レーダからの送信波が前方の車両で反射され、反射波の受信信号と送信信号をミキシングして得られるビート信号（レーダ信号）を得る。このビート信号を高速フーリエ変換して周波数分析を行う。周波数分析されたビート信号はターゲットに対してパワーが大きくなるピークが生じるが、このピークに対する周波数をピーク周波数と呼ぶ。ピーク周波数は距離に関する情報を有し、前方車両との相対速度によるドップラ効果のために、前記三角波形状のFM-CW波の上昇時と下降時とではこのピーク周波数は異なる。そして、この上昇時と下降時のピーク周波数から前方の車両との距離及び相対速度が得られる。また、前方の車両が複数存在する場合は各車両に対して一対の上昇時と下降時のピーク周波数が生じる。この上昇時と下降時の一対のピーク周波数を形成することをペアリングという。

図1A-1Cは、ターゲットとの相対速度が0である場合のFM

—CWレーダの原理を説明するための図である。送信波は三角波で図1Aの実線に示す様に周波数が増加する。送信波の送信中心周波数 $f_0$ 、FM変調幅は $\Delta f$ 、繰り返し周期は $T_m$ である。この送信波はターゲットで反射されてアンテナで受信され、図1Aの破線で示す受信波となる。ターゲットとの間の往復時間 $T$ は、ターゲットとの間の距離を $r$ とし、電波の伝播速度を $C$ とすると、 $T = 2r / C$ となる。

この受信波はレーダとターゲット間の距離に応じて、送信信号との周波数のずれ（ビート）を起こす。

ビート信号の周波数成分 $f_b$ は次の式で表すことができる。なお、 $f_r$ は距離周波数である。

$$f_b = f_r = (4 \cdot \Delta f / C \cdot T_m) r \quad \text{-----} \quad (1)$$

一方、図2A—2Cはターゲットとの相対速度が $v$ である場合のFM—CWレーダの原理を説明するための図である。送信波は図2Aの実線に示す様に周波数が増加する。この送信波はターゲットで反射されてアンテナで受信され、図2Aの破線で示す受信波となる。この受信波はレーダとターゲット間の距離に応じて、送信信号との周波数のずれ（ビート）を起こす。この場合、ターゲットとの間に相対速度 $v$ を有するのでドップラーシフトとなり、ビート周波数成分 $f_b$ は次の式で表すことができる。なお、 $f_r$ は距離周波数、 $f_d$ は速度周波数である。

$$f_b = f_r \pm f_d = (4 \cdot \Delta f / C \cdot T_m) r \pm (2 \cdot f_0 / C) v \quad \text{----} \quad (2)$$

上記式で、上昇時のピーク周波数 $f_{bup}$ と下降時のピーク周波数 $f_{bdn}$ は以下のようなになる。

$$f_{bup} = f_r - f_d = (4 \cdot \Delta f / C \cdot T_m) r - (2 \cdot f_0 / C) v \quad \text{----} \quad (3)$$

$$f_{bdn} = f_r + f_d = (4 \cdot \Delta f / C \cdot T_m) r + (2 \cdot f_o / C) v \quad \text{---- (4)}$$

上記式において、各記号は以下を意味する。

$f_b$  : 送受信ビート周波数

$f_r$  : 距離周波数

$f_d$  : 速度周波数

$f_o$  : 送信波の中心周波数

$\Delta f$  : FM変調幅

$T_m$  : 変調波の周期

$C$  : 光速

$T$  : 目標物体までの電波の往復時間

$r$  : 目標物体までの距離

$v$  : 目標物体との相対速度

図3は、FM-CWレーダの構成の例を示したものである。図に示す様に、電圧制御発振器2に変調信号発生器1から変調信号を加えてFM変調し、FM変調波を送信アンテナATを介して外部に送信すると共に、送信信号の一部を分岐してミキサのような周波数変換器3に加える。一方、先行車両等のターゲットで反射された反射信号を受信アンテナARを介して受信し、周波数変換器3で電圧制御発振器2の出力信号とミキシングしてビート信号を生成する。このビート信号はベースバンドフィルタ4を介してA/D変換器5でA/D変換され、CPU6で高速フーリエ変換等により信号処理がされて距離および相対速度が求められる。

上記式(3)、及び式(4)から、

$$f_r = (f_{bdn} + f_{bup}) / 2$$

となり、

$$f_r = (4 \cdot \Delta f / C \cdot T_m) r$$

であるから、相対距離  $r$  は、

$$r = (C \cdot T_m / 8 \cdot \Delta f) (f_{bdn} + f_{bup}) \quad \text{-----} \quad (5)$$

となる。

また、上記式 (3)、及び式 (4) から、

$$f_d = (f_{bdn} - f_{bup}) / 2$$

となり、

$$f_d = (2 \cdot f_o / C) v$$

であるから、相対速度  $v$  は、

$$v = (C / 4 f_o) (f_{bdn} - f_{bup}) \quad \text{-----} \quad (6)$$

となる。

上記式 (5)、(6) からわかるように、相対速度  $v$  は  $f_{bdn}$  と  $f_{bup}$  の差に比例し、相対距離  $r$  は  $f_{bdn}$  と  $f_{bup}$  の和に比例する。従って、相対距離  $r$  が小さくなれば、 $f_{bdn}$  と  $f_{bup}$  の値は小さくなる。

図 4 A - 4 C は、高相対速度で接近しつつあるターゲットがあり、相対距離が急速に小さくなって接近しつつある時の上昇時と下降時のピーク周波数の位置関係を示したものである。図において、図 4 A → 4 B → 4 C となるにつれ相対距離が急速に小さくなっている。高相対速度でターゲットが近づくと、上昇時と下降時のピーク周波数である  $f_{bdn}$  と  $f_{bup}$  の差は大きくなる。一方、相対距離が小さくなれば、 $f_{bup}$  と  $f_{bdn}$  の値は小さくなるので、図において図 4 A → 4 B → 4 C となるにつれ、 $f_{bdn}$  と  $f_{bup}$  の値は 0 に近づき、図 4 C に示すように上昇時のピーク周波数である  $f_{bup}$  はマイナスの周波数帯に入ってゆく。そのため、上昇時のピーク周波数  $f_{bup}$  の検出ができなくなり、ターゲットを検出できなくなる。また、上昇時のピーク周波数  $f_{bup}$  がマイナスの周波数帯に入った場合、点線で示す折り返し周波数  $f'_{bup}$  のピークが発生し、その結果誤っ

たペアリングが行われ、相対距離及び相対速度を誤って検出してしまふことになる。

図5A-5Cは、高相対速度で離れつつあるターゲットがあり、相対距離が急速に大きくなって遠ざかりつつあるときの上昇時と下降時のピーク周波数の位置関係を示したものである。図において、図5A→5B→5Cとなるにつれ相対距離が急速に大きくなっている。高相対速度でターゲットが離れると、上昇時と下降時のピーク周波数である  $f_{bdn}$  と  $f_{bup}$  の差は大きくなる。一方、相対距離が大きくなれば、 $f_{bup}$  と  $f_{bdn}$  の値は大きくなるので、図において図5A→5B→5Cとなるにつれ、 $f_{bdn}$  と  $f_{bup}$  の値は大きくなり、図5Cに示すように上昇時のピーク周波数である  $f_{bup}$  は検出帯域  $f_x$  を超えてしまう。そのため、上昇時のピーク周波数  $f_{bup}$  の検出ができなくなり、ターゲットが検出できなくなる。また、上昇時のピーク周波数  $f_{bup}$  が検出帯域を越えた場合、点線で示す折り返し周波数  $f'_{bup}$  のピークが発生し、その結果誤ったペアリングが行われ、相対距離及び相対速度を誤って検出してしまふことになる。

従来のFM-CWレーダの信号処理装置は、サンプリング周波数を半分に設定した方の周波数分析から折り返しピーク周波数を検出し、この折り返しピーク周波数を折り返しのない場合のピーク周波数に変換して上昇時、下降時のピーク周波数のペアリングを行っている（例えば、特開平11-271426号公報参照）。

また、パルス繰り返し周波数パルスドップラ方式レーダにおいて、折り返しによる影響を避けて正しい距離を求めることが記載されている（例えば、特公平6-70673号公報参照）。

#### 発明の開示

本発明は、高相対速度で接近、又は離れつつあるターゲットとの

相対距離、相対速度等を正確に検出できるFM-CWレーダの信号処理方法を提供することを目的とするものである。

本発明のFM-CWレーダの信号処理方法によれば、前回検出した相対距離及び相対速度から今回検出される上昇時及び下降時のピーク周波数の予測値を求め、該予測値が検出帯域を超えたかどうか判断し、該検出帯域を超えたピーク周波数が存在する場合にはその周波数を折り返して予測値とし、今回検出したピーク周波数の中から前記予測値とほぼ同じ上昇時及び下降時のピーク周波数が存在するかどうか判断し、存在した場合には前記折り返した予測値とほぼ同じピーク周波数を折り返して用いている。

また、本発明のFM-CWレーダの信号処理方法によれば、上昇時及び下降時のピーク周波数に基づき相対距離 ( $r_a$ ) 及び相対速度 ( $v_a$ ) を求め、

前記上昇時及び下降時のピーク周波数の一方を折り返して相対距離 ( $r_b$ ) 及び相対速度 ( $v_b$ ) を算出し、

前記相対距離 ( $r_b$ ) 及び相対速度 ( $v_b$ ) の値が所定の範囲内でない場合、前記相対距離 ( $r_a$ 、 $r_b$ ) の瞬間誤差 ( $\Delta r_a$ 、 $\Delta r_b$ ) を求め、

前記瞬間誤差の積算値 ( $\Sigma \Delta r_a$ 、 $\Sigma \Delta r_b$ ) をそれぞれ求め、

$\Delta r_b \geq \Delta r_a$  でなく、かつ  $\Sigma \Delta r_b \geq \Sigma \Delta r_a$  でない場合には、折り返して算出した相対距離 ( $r_b$ ) 及び相対速度 ( $v_b$ ) を採用する。

また、 $\Delta r_b \geq \Delta r_a$  であり、かつ  $\Sigma \Delta r_b \geq \Sigma \Delta r_a$  である場合には、折り返さないで求めた相対距離 ( $r_a$ ) 及び相対速度 ( $v_a$ ) を採用する。

また、 $\Delta r_b \geq \Delta r_a$ 、及び  $\Sigma \Delta r_b \geq \Sigma \Delta r_a$  のいずれか一方が成り立たなければ、どのデータを採用するかについての判断は行わず

今回のサイクルで判断する。

また、本発明のFM-CWレーダの信号処理方法によれば、上昇時及び下降時のピーク周波数に基き相対距離 ( $r_a$ ) 及び相対速度 ( $v_a$ ) を求め、

前記上昇時及び下降時のピーク周波数の一方を折り返して相対距離 ( $r_b$ ) 及び相対速度 ( $v_b$ ) を算出し、該相対距離 ( $r_b$ ) の値が所定の範囲内の場合、折り返さないで求めた前記相対距離 ( $r_a$ ) 及び相対速度 ( $v_a$ ) を採用する。

本発明によれば、上昇時又は下降時のピーク周波数が検出帯域を超え、折り返しピーク周波数が発生した場合でも、正確にペアリングすることができ、従って、正確にターゲットとの相対距離及び相対速度を得ることができる。

#### 図面の簡単な説明

図1A-1Cは、ターゲットとの相対速度が0である場合のFM-CWレーダの原理を説明するための図である。

図2A-2Cは、ターゲットとの相対速度が $v$ である場合のFM-CWレーダの原理を説明するための図である。

図3は、FM-CWレーダの構成例を示した図である。

図4A-4Cは、高相対速度で接近しつつあるターゲットがあり、相対距離が急速に小さくなって接近しつつあるときの上昇時と下降時のピーク周波数の位置関係を示したものである。

図5A-5Cは、高相対速度で離れつつあるターゲットがあり、相対距離が急速に大きくなって遠ざかりつつあるときの上昇時と下降時のピーク周波数の位置関係を示したものである。

図6は、本発明による実施例を示すフローチャートである。

図7は、本発明による実施例を示すフローチャートである。

図 8 は、本発明による実施例を説明するための図である。

図 9 は、本発明による実施例を示すフローチャートである。

図 10 は、本発明による実施例を示すフローチャートである。

図 11 は、本発明による実施例を説明するための図である。

発明を実施するための最良の形態

(1) 既存ターゲットの場合、以下のようにして相対速度  $v$  と相対距離  $r$  を予測する。相対速度  $v$  の今回の検出値  $v_i$  は前回の検出値  $v_{i-1}$  とほぼ同じ、

$$v_i \approx v_{i-1} \quad (7)$$

であると予測する。

一方、相対距離  $r$  の今回の検出値  $r_i$  は前回の検出値を  $r_{i-1}$  とすると、

$$r_i \approx r_{i-1} + v_{i-1} \cdot t \quad (8)$$

と予測する。なお、 $t$  は前回の検出時点と今回の検出時点との経過時間である。

(2) 次に、式 (5) 及び (6) を用いて、上昇時のピーク周波数の予測値  $f_{bup_i}$  と下降時のピーク周波数の予測値  $f_{bdn_i}$  を求める。

$$r_i = (C \cdot T_m / 8 \cdot \Delta f) (f_{bdn_i} + f_{bup_i}) \quad \text{---} \quad (9)$$

であり、

$$v_i = (C / 4 f_o) (f_{bdn_i} - f_{bup_i}) \quad \text{-----} \quad (10)$$

であるから、

$$f_{bup_i} = (4 \cdot \Delta f / C \cdot T_m) r_i - (2 f_o / C) v_i \quad \text{----} \quad (11)$$

$$f_{bdn_i} = (4 \cdot \Delta f / C \cdot T_m) r_i + (2 f_o / C) v_i \quad \text{----} \quad (12)$$

となり、今回検出時の上昇時のピーク周波数と下降時のピーク周波



数の予測値、 $f_{bup_i}$ と $f_{bdn_i}$ を算出することができる。

(3) 図4A-4Cに示すように、高相対速度で接近しつつあるターゲットがあり、相対距離が急速に小さくなって接近しつつあるとき、 $f_{bdn}$ と $f_{bup}$ の値は0に近づき、図4Cに示すように上昇時のピーク周波数である $f_{bup}$ は負の周波数帯に入っていく。このような場合、折り返し周波数 $f'_{bup}$ のピークが発生し、この周波数が検出され、この周波数に基づく誤ったペアリングが行われてしまう。

本発明ではこのような場合、上記式(11)で $f_{bup_i}$ を求め、この値が負となったときは、検出された $f'_{bup}$ が折り返し周波数であると判断する。そして、実際の上昇時のピーク周波数 $f_{bup}$ は、符号を反転させた $-f'_{bup}$ であるとし、式(5)と(6)の $f_{bup}$ の値として $-f'_{bup}$ を用い、また $f_{bdn}$ として、検出された値を用いて相対距離 $r$ と相対速度 $v$ を求める。

なお、図4A-4Cでは上昇時のピーク周波数である $f_{bup}$ が負の周波数帯に入った場合を例に説明したが、高相対速度で離反するターゲットの場合には下降時のピーク周波数である $f_{bdn}$ が負の周波数帯に入ることもある。ただし、負の周波数帯に入るのはいずれか一方の周波数である。

(4) 図5A-5Cに示すように、高相対速度で離れつつあるターゲットがあり、相対距離が急速に大きくなって遠ざかりつつあるとき、図5Cに示すように上昇時のピーク周波数である $f_{bup}$ は検出帯域 $f_x$ を超えてしまう。その場合、点線で示す折り返し周波数 $f'_{bup}$ のピークが発生し、この周波数が検出され、この周波数に基づく誤ったペアリングが行われてしまう。

本発明ではこのような場合、上記式(11)で $f_{bup_i}$ を求め、この値が検出帯域 $f_x$ を超えているときは、検出された $f'_{bup}$ が折り

返し周波数であると判断する。そして、実際の上昇時のピーク周波数  $f_{bup}$  を求め、検出された下降時のピーク周波数  $f_{bdn}$  の値と上記実際の上昇時のピーク周波数  $f_{bup}$  の値を用いて相対距離  $r$  と相対速度  $v$  を求める。

上記実際の上昇時のピーク周波数  $f_{bup}$  は、以下のようにして求める。図 5 C において、検出帯域の上限周波数を  $f_x$  とすると、実際の上昇時のピーク周波数  $f_{bup}$  は、

$$f_{bup} = f_x + (f_x - f'_{bup})$$

となる。従って、式 (5) と (6) の  $f_{bup}$  の値として、 $f_x + (f_x - f'_{bup})$  を用い、 $f_{bdn}$  として検出された値を用いて相対距離  $r$  と相対速度  $v$  を求める。

#### 実施例 1

〔既存ターゲットの場合〕

図 6 は、既存ターゲットの場合における本発明による実施例を示すフローチャートである。なお、フローチャートに示された動作はレーダ装置に含まれる CPU、例えば図 3 の CPU 5 により制御される。

図 6 において、ターゲットの処理が開始されると (S 1)、既存ターゲットが存在するかどうか判断する (S 2)。存在した場合 (Yes)、今回のルーチンにおける相対速度  $v_i$ 、及び相対距離  $r_i$  を予測する (S 3)。この予測は式 (7) 及び (8) により行う。

次に、式 (11) と (12) から今回のルーチンで検出される上昇時のピーク周波と下降時のピーク周波数の予測値  $f_{bup_i}$  と  $f_{bdn_i}$  を算出する (S 4)。そして、算出された予測値  $f_{bup_i}$  又は  $f_{bdn_i}$  が負であるかどうか判断する (S 5)。例えば、予測値  $f_{bup_i}$  が負であれば (Yes)、上昇時のピーク周波数  $f_{bup}$  が、図 4 C に示

されているように負の領域にあると予測され、予測値として算出された負の周波数データ  $f_{bup_i}$  を符号反転する (S 6)。

次に、今回検出したピーク周波数の中から上記予測値として算出されたピーク周波数とほぼ同じピーク周波数が存在するかどうか検索する (S 7)。なお、予測値としては上記符号反転した周波数データ ( $-f_{bup_i}$ ) を用いる。そして、予測値  $-f_{bup_i}$  とほぼ同じ上昇時のピーク周波数と予測値  $f_{bdn_i}$  とほぼ同じ下降時のピーク周波数が存在するかどうか判断する (S 8)。存在する場合 (Yes)、今回検出したピーク周波数の中で予測値  $-f_{bup_i}$  とほぼ同じ上昇時のピーク周波  $f'_{bup}$  と予測値  $f_{bdn_i}$  とほぼ同じ下降時のピーク周波数  $f_{bdn}$  を用いてターゲットとの相対距離及び相対速度を算出する (S 9)。その場合、予測値が負であると判断されたピーク周波数  $f'_{bup}$  については、検出されたピーク周波数の周波数データを符号反転して用いる。

なお、S 2 と S 8 で No の場合にはそのまま終了する。

図 6 の S 5 で No の場合、即ち、算出された予測値  $f_{bup_i}$  及び  $f_{bdn_i}$  がいずれも負でない場合、今回検出したピーク周波数の中から上記予測値として算出されたピーク周波数と同じピーク周波数が存在するかどうか検索する (S 11)。そして、予測値とほぼ同じ上昇時のピーク周波数  $f_{bup}$  と下降時のピーク周波数  $f_{bdn}$  が存在するかどうか判断する (S 11)。存在する場合 (Yes)、今回検出したピーク周波数の中で予測値とほぼ同じ上昇時のピーク周波  $f_{bup}$  と下降時のピーク周波数  $f_{bdn}$  を用いてターゲットとの相対距離及び相対速度を算出する (S 12)。なお、S 11 で No の場合には相対距離及び相対速度を算出せずに終了する。

## 実施例 2

〔既存ターゲットの場合〕

図 7 は、既存ターゲットの場合における本発明による別の実施例を示すフローチャートである。なお、フローチャートに示された動作はレーダ装置に含まれる CPU、例えば図 3 の CPU 5 により制御される。

図 7 において、S 1 - S 4 までの動作は図 6 に示されたものと同じである。このフローチャートでは、算出された予測値  $f_{bup_i}$  又は  $f_{bdn_i}$  が検出帯域  $f_x$  を超えたかどうか判断する (S 5)。超えていれば (Yes)、例えば、図 5 C に示されているような状態となっていると予測された場合、予測値として算出された周波数  $f_{bup_i}$  を周波数  $f_x$  で折り返した周波数  $f'_{bup_i}$  を、以下の式で求める (S 6)。

$$f_{bup_i} = f_x + (f_x - f'_{bup_i})$$

$$f'_{bup_i} = 2 f_x - f_{bup_i}$$

次に、今回検出したピーク周波数の中から上記予測値として算出されたピーク周波数とほぼ同じピーク周波数が存在するかどうか検索する (S 7)。なお、予測値としては上記折り返した周波数データ ( $f'_{bup_i}$ ) を用いる。そして、予測値  $f'_{bup_i}$  とほぼ同じ上昇時のピーク周波数と予測値  $f_{bdn_i}$  とほぼ同じ下降時のピーク周波数が存在するかどうか判断する (S 8)。存在する場合 (Yes)、今回検出したピーク周波数の中で予測値とほぼ同じ上昇時のピーク周波  $f'_{bup}$  と下降時のピーク周波数  $f_{bdn}$  を用いてターゲットとの相対距離及び相対速度を算出する (S 9)。その場合、予測値が検出帯域  $f_x$  を超えていると判断された上昇時のピーク周波数については、検出されたピーク周波数  $f'_{bup}$  を周波数  $f_x$  で折り返した周波数  $f_{bup}$  を下記の式より求めて用いる。

$$f_{bup} = f_x + (f_x - f'_{bup})$$

なお、S 2 と S 8 で N o の場合にはそのまま終了する。

図 6 の S 5 で N o の場合、即ち、算出された予測値  $f_{bup_i}$  及び  $f_{bdn_i}$  がいずれも帯域周波数  $f_x$  を超えていない場合、今回検出したピーク周波数の中から上記予測値として算出されたピーク周波数とほぼ同じピーク周波数が存在するかどうか検索する (S 1 0)。そして、予測値  $f_{bup_i}$  とほぼ同じ上昇時のピーク周波数と予測値  $f_{bdn_i}$  とほぼ同じ下降時のピーク周波数が存在するかどうか判断する (S 1 1)。存在する場合 (Y e s)、今回検出したピーク周波数の中で予測値とほぼ同じ上昇時のピーク周波  $f_{bup}$  と下降時のピーク周波数  $f_{bdn}$  を用いてターゲットとの相対距離及び相対速度を算出する (S 1 2)。なお、S 1 1 で N o の場合には相対距離及び相対速度を算出せずに終了する。

### 実施例 3

#### 〔新規ターゲットの場合〕

新規ターゲットの場合における本発明の実施例を説明する前に、レーダで正確に距離及び相対速度を検出できる範囲について図 8 のグラフを参照して以下に記載する。図 8 において、横軸は相対速度 ( $v$ ) であり、縦軸はターゲットとの相対距離 ( $r$ ) を表している。横軸の右側はプラスの相対速度 ( $+v$ ) を表しており、ターゲットが離れて行く場合を示している。横軸の左側はマイナスの相対速度 ( $-v$ ) を表しており、ターゲットが近づいて来る場合を示している。

図 8 のグラフにおいて、 $+v_{01}$  はターゲットが離れる場合の相対速度であって、この相対速度を超える相対速度はレーダで検出する必要がない領域 (C 1) であり、例えば、 $150 \text{ km/h}$  とすることができる。この相対速度は自車が停止しているときにターゲット

が時速 150 km/h で前方を走行しているような場合であり、これを超える相対速度を有するターゲットを通常はレーダで検出する必要はない。また、この領域でターゲットを検出しても得られたデータは誤ったものとなる可能性が高い。

また、 $-v_{02}$  はターゲットが近づく場合の相対速度であって、この相対速度を超える相対速度はレーダで検出する必要がない領域 (C2) であり、例えば、300 km/h とすることができる。この相対速度は自車が時速 150 km/h で走行しているとき、時速 150 km/h で走行している対向車を検出したような場合であり、これを超える相対速度を有するターゲットを通常はレーダで検出する必要はない。また、この領域でターゲットを検出しても得られたデータは誤ったものとなる可能性が高い。

図 8 のグラフにおいて菱形の領域は、折り返しが発生しない領域であり、図に示すように以下の直線に囲まれた領域である。ただし、この菱形の領域には折り返されたデータが入ってくる可能性がある領域でもある。

$$(1) \quad r = a v$$

$$(2) \quad r = -a v + r_x$$

$$(3) \quad r = -a v$$

$$(4) \quad r = a v + r_x$$

なお、上記菱形を構成する直線は、上昇時又は下降時のどちらかの周波数を 0 としたときに、その逆側の下降時又は上昇時の周波数が変化したときに求められる相対距離 ( $r$ ) と相対速度 ( $v$ ) の関係を示しており、個々のレーダーによって異なる。

図 8 において、菱形の上方の頂点の縦軸の値  $r_x$  は、相対速度が 0 の場合で折り返しが発生しない距離限界を表している。従って、実施例 3 では相対距離が距離限界  $r_x$  以下の場合を対象とする。

菱形の横方向の対角線を結んだ線が縦軸と交叉する点を  $r_0$  とする。また、直線  $v = v_{01}$  と直線  $r = a v$  が交叉する点、及び直線  $v = -v_{02}$  と直線  $r = -a v$  が交叉する点のうち相対距離  $r$  が大きい値を有する点を求め、この点における相対距離の値を  $r = r_{01}$  とする。一方、直線  $v = v_{01}$  と直線  $r = -a v + r_x$  が交叉する点、及び直線  $v = -v_{02}$  と直線  $r = a v + r_x$  が交叉する点のうち相対距離  $r$  が小さい値を有する点を求め、この点における相対距離の値を  $r = r_{02}$  とする。

そして、 $-v_{02} \leq v \leq v_{01}$  であって、 $r_{02} > r > r_{01}$  の領域を  $A$  ( $A1$ 、 $A2$ ) とする。領域  $A$  は折り返しが発生しない領域であり、かつ折り返されたデータが入ってくる可能性がない領域である。

一方、 $-v_{02} \leq v \leq v_{01}$  であって、 $r_{01} \geq r \geq 0$  の領域  $B$  のうち、菱形の外側の部分  $B2$  は低い方の周波数が折り返される領域であり、菱形の内側の部分  $B1$  は折り返されたデータが存在する可能性のある領域である。

また、 $-v_{02} \leq v \leq v_{01}$  であって、 $r_x \geq r \geq r_{02}$  の領域のうち、菱形の外側の部分  $B4$  は高い方の周波数が折り返される領域であり、菱形の内側の部分  $B3$  は折り返されたデータが存在する可能性のある領域である。

図9、図10は、新規ターゲットの場合における本発明による実施例を示すフローチャートである。なお、フローチャートに示された動作はレーダ装置に含まれるCPU、例えば図3のCPU3により制御される。

図9のフローチャートにおいてにおいて、ターゲット処理が開始されると(S1)、既存ターゲットが存在するかどうか判断する(S2)。存在した場合には(Yes)図6及び図7に示す動作が行

われる。

既存ターゲットが存在しないと判断された場合（S 2 でN o）、検出された上昇時と下降時のピーク周波数のペアリングを行う（S 3）。そして、ペアリングに基づきターゲットとの距離（ $r_a$ ）及び相対速度（ $v_a$ ）を求める（S 4）。

次に、求めた距離  $r_a$  が所定の値  $r_o$ （図 8 参照）以下かどうかを判断する（S 5）。 $r_a \leq r_o$  であれば（Y e s）、ピーク周波数のうち低い方のピーク周波数を折り返す（S 6）。一方、 $r_a \leq r_o$  でなければ（N o）、ピーク周波数のうち高い方のピーク周波数を折り返す（S 7）。そして、折り返したピーク周波数に基づいて距離（ $r_b$ ）及び相対速度（ $v_b$ ）を求める（S 8）。

次に、求めた相対速度（ $v_b$ ）が所定の範囲であるかどうか判断する（S 9）。この場合の所定の範囲は、相対速度（ $v_b$ ）が図 8 の領域 C 1 及び C 2 でない範囲、 $-v_{o2} \leq v_b \leq v_{o1}$  である。

求めた相対速度（ $v_b$ ）が所定の範囲にない場合には（N o）、折り返さないで求めた距離（ $r_a$ ）及び相対速度（ $v_a$ ）を採用する（図 10 の S 2 2）。一方、相対速度（ $v_b$ ）が所定の範囲にある場合には（Y e s）、求めた距離（ $r_b$ ）が所定の値  $r_o$  以下かどうかを判断する（S 10）。

求めた距離（ $r_b$ ）が所定の値  $r_o$  以下の場合、即ち  $r_b \leq r_o$  の場合（Y e s）、求めた距離が所定の値  $r_{o1}$  より大きいかどうか、即ち  $r_b > r_{o1}$  かどうか判断する（S 11）。 $r_b > r_{o1}$  の場合（Y e s）、図 8 の斜線で示した領域 A 1 であるので、折り返さないで求めた距離（ $r_a$ ）及び相対速度（ $v_a$ ）を採用する（図 10 の S 2 2）。

一方、S 11 でN o の場合、図 8 で示した領域 B 1 及び B 2 であるので、図 10 のフローチャートの S 1 3 に進む。



S 1 0 で、求めた距離 ( $r_b$ ) が所定の値  $r_0$  以下でない場合、即ち  $r_b \leq r_0$  でない場合 (N o)、求めた距離が所定の値  $r_{02}$  より小さいかどうか、即ち  $r_b < r_{02}$  かどうか判断する (S 1 2)。  $r_b < r_{02}$  の場合 (Y e s)、図 8 の斜線で示した領域 A 2 であるので、折り返さないで求めた相対距離 ( $r_a$ ) 及び相対速度 ( $v_a$ ) を採用する (図 1 0 の S 2 2)。

一方、S 1 2 で N o の場合、図 8 で示した領域 B 3 及び B 4 であるので、図 1 0 のフローチャートの S 1 3 に進む。

S 1 1 及び S 1 2 で N o の場合、相対距離  $r_b$  は図 8 の領域 B (B 1、B 2、B 3、B 4) に含まれる。この場合、距離 ( $r_a$ 、 $r_b$ ) 及び相対速度 ( $v_a$ 、 $v_b$ ) の算出が 1 回目であるかどうか判断される (S 1 3)。

上記距離及び相対速度の算出が 1 回目である場合 (S 1 3 で Y e s)、ペアリングにより求めた距離 ( $r_a$ ) 及び相対速度 ( $v_a$ ) と折り返して求めた距離 ( $r_b$ ) 及び相対速度 ( $v_b$ ) を保存する (S 1 4)。

上記距離及び相対速度の算出が 1 回目でない場合 (S 1 3 で N o)、前回求めた距離 ( $r_{ai-1}$ ) と今回求めた距離 ( $r_{ai}$ ) との瞬間誤差  $\Delta r_a$  を以下の式により求める (S 1 5)。

$$\Delta r_a = \{ (v_{ai} + v_{ai-1}) / 2 \} t - (r_{ai} - r_{ai-1})$$

上記式において、 $v_{ai}$  は今回求めた相対速度であり、 $v_{ai-1}$  は前回求めた相対速度である。

同様に、前回折り返して算出した距離 ( $r_{bi-1}$ ) と今回折り返して算出した距離 ( $r_{bi}$ ) との瞬間誤差  $\Delta r_b$  を以下の式により求める (S 1 0)。

$$\Delta r_b = \{ (v_{bi} + v_{bi-1}) / 2 \} t - (r_{bi} - r_{bi-1})$$

上記式において、 $v_{bi}$  は今回折り返して算出した相対速度であり

、 $v_{bi-1}$ は前回折り返して算出した相対速度である。

次に、上記距離の瞬間誤差 ( $\Delta r_a$ ) と ( $\Delta r_b$ ) の積算値  $\Sigma \Delta r_a$  と  $\Sigma \Delta r_b$  を算出する (S 1 6)。

そして、 $\Delta r_b \geq \Delta r_a$  であるかどうか判断し (S 1 7)、 $\Delta r_b \geq \Delta r_a$  でなければ (No)、 $\Sigma \Delta r_b \geq \Sigma \Delta r_a$  であるかどうか判断する (S 1 8)。そして、 $\Sigma \Delta r_b \geq \Sigma \Delta r_a$  でなければ (No)、折り返して求めた瞬間誤差 ( $\Delta r_b$ ) 及びその積算値 ( $\Sigma \Delta r_b$ ) が共に、折り返さないで求めた瞬間誤差 ( $\Delta r_a$ ) 及びその積算値 ( $\Sigma \Delta r_a$ ) より小さいので、折り返して求めた距離 ( $r_b$ ) 及び相対速度 ( $v_b$ ) を採用する (S 1 9)。

一方、S 1 7でYesの場合、即ち、 $\Delta r_b \geq \Delta r_a$  である場合には  $\Sigma \Delta r_b \geq \Sigma \Delta r_a$  であるかどうか判断し (S 2 0)、Noであればどのデータを採用するかは次回のサイクルで判断する (S 2 1)。また、S 1 8で  $\Sigma \Delta r_b \geq \Sigma \Delta r_a$  である場合 (Yes) にも、どのデータを採用するかは次回のサイクルで判断する (S 2 1)。

S 2 0で  $\Sigma \Delta r_b \geq \Sigma \Delta r_a$  である場合には (Yes)、折り返さないで求めた瞬間誤差 ( $\Delta r_a$ ) 及びその積算値 ( $\Sigma \Delta r_a$ ) が共に、折り返して求めた瞬間誤差 ( $\Delta r_b$ ) 及びその積算値 ( $\Sigma \Delta r_b$ ) より小さいので、折り返さないで求めた距離 ( $r_a$ ) 及び相対速度 ( $v_a$ ) をデータとして採用する (S 2 2)。

なお、S 2 1のように  $\Delta r_b \geq \Delta r_a$ 、及び  $\Sigma \Delta r_b \geq \Sigma \Delta r_a$  のいずれか一方が成り立たなければ、どのデータを採用するかについての判断は行わず、次回のサイクルで判断する。

実施例 3 では、C 1、C 2 の領域を相対距離に関わらず一律 + 1 5 0 k m / h 以上、- 3 0 0 k m / h 以下と規定したが、相対距離に応じて異なる閾値を設定するようにしてもよい。例えば、C 1 の領域を、相対距離 0 では + 1 5 0 k m / h 以上、相対距離  $r_x$  では

+100 km/h 以上としてもよい。この場合、遠距離で高速で離れてゆく物体を処理しないことにより、処理量を軽減することができる。また、C1、C2を相対距離に対して段階的に変化する値を有する境界線や曲線等で規定してもよい。

また、実施例3では、折り返し判定処理があまり複雑にならないように相対距離が図8の $r_x$ 以下を対象としたが、図11に示すように $r_x$ より大きい距離を対象とすることができる。その場合、図8で示した菱形の領域の上にさらに同じ菱形の領域を形成し、図8と同様に領域A、B、Cを形成することができる。

図11において、A3、A4はそれぞれA1、A2に対応し、B5、B6はそれぞれB1、B2に対応し、B7、B8はそれぞれB3、B4に対応する。

ここで、領域B6は低い方の周波数、又は高い方の周波数が折り返す領域であり、領域B5は低い方の周波数、高い方の周波数、又は両方の周波数が折り返す領域である。

領域B6では折り返さないデータ、低い方の周波数を折り返したデータ、高い方の周波数を折り返したデータの3つのデータのうち、一番誤差が小さいものを採用し、領域B5では更に両方の周波数を折り返したデータを加えた4つのデータのうち、一番誤差が小さいものを採用するようにすればよい。

なお、相対距離を $r_x$ 以下に限定した場合は、領域A1、A2は折り返しを考えなくてもよかったが、上限を $2r_x$ とすると $r_x$ 以上の領域からの折り返しが $r_x$ 以下の領域に入ってくるので、領域A1、A2及びB1～B4の領域において $r_x$ 以上の領域からの折り返しの可能性を判定する必要性がでてくる。

## 請 求 の 範 囲

1. 三角波形状のFM-CW波の上昇時と下降時のピーク周波数からターゲットとの相対距離及び相対速度を求めるFM-CWレーダの信号処理方法であって、

前回ターゲットが検出されている場合、前回検出したターゲットとの相対距離及び相対速度から今回検出される上昇時及び下降時のピーク周波数の予測値を求め、該予測値が検出帯域を超えたかどうか判断し、該検出帯域を超えたピーク周波数が存在する場合にはその周波数を折り返して予測値とし、今回検出したピーク周波数の中から前記予測値とほぼ同じ上昇時及び下降時のピーク周波数が存在するかどうか判断し、存在した場合には前記折り返した予測値とほぼ同じピーク周波数を折り返して用いる、FM-CWレーダの信号処理方法。

2. 前記予測値の値が負であるピーク周波数の場合、符号反転して予測値とし、今回検出したピーク周波数の中から前記予測値とほぼ同じ上昇時及び下降時のピーク周波数が存在するかどうか判断し、存在した場合には前記符号反転した予測値とほぼ同じピーク周波数を符号反転して用いる、請求の範囲1に記載のFM-CWレーダの信号処理方法。

3. 前記予測値の値が検出帯域の上限周波数を超えたピーク周波数の場合、該上限周波数を中心に折り返して予測値とし、今回検出したピーク周波数の中から前記予測値とほぼ同じ上昇時及び下降時のピーク周波数が存在するかどうか判断し、存在した場合には前記折り返した予測値とほぼ同じピーク周波数を前記上限周波数を中心に折り返して用いる、請求の範囲1に記載のFM-CWレーダの信号処理方法。

4. 前回ターゲットが検出されていない場合、上昇時及び下降時のピーク周波数に基き相対距離 ( $r_a$ ) 及び相対速度 ( $v_a$ ) を求め、

前記上昇時及び下降時のピーク周波数の一方を折り返して相対距離 ( $r_b$ ) 及び相対速度 ( $v_b$ ) を算出し、

前記相対速度 ( $v_b$ ) が所定の範囲内であって、前記相対距離 ( $r_b$ ) の値が所定の範囲内でない場合、前記相対距離 ( $r_a$ 、 $r_b$ ) の瞬間誤差 ( $\Delta r_a$ 、 $\Delta r_b$ ) を求め、

前記瞬間誤差の積算値 ( $\Sigma \Delta r_a$ 、 $\Sigma \Delta r_b$ ) をそれぞれ求め、

$\Delta r_b \geq \Delta r_a$  でなく、かつ  $\Sigma \Delta r_b \geq \Sigma \Delta r_a$  でない場合には、折り返して算出した相対距離 ( $r_b$ ) 及び相対速度 ( $v_b$ ) を採用する、請求の範囲 1 に記載の FM-CW レーダの信号処理方法。

5. 前記上昇時及び下降時のピーク周波数の一方を折り返して相対距離 ( $r_b$ ) 及び相対速度 ( $v_b$ ) を算出するに際し、前記相対距離 ( $r_a$ ) が所定の値 ( $r_0$ ) 以下の場合には、ピーク周波数のうち低い方のピーク周波数を折り返し、前記相対距離 ( $r_a$ ) が所定の値 ( $r_0$ ) 以下でない場合には、ピーク周波数のうち高い方のピーク周波数を折り返して相対距離 ( $r_b$ ) 及び相対速度 ( $v_b$ ) を算出する、請求の範囲 4 に記載の FM-CW レーダの信号処理方法。

6.  $\Delta r_b \geq \Delta r_a$  であり、かつ  $\Sigma \Delta r_b \geq \Sigma \Delta r_a$  である場合には、折り返さないで求めた相対距離 ( $r_a$ ) 及び相対速度 ( $v_a$ ) を採用する、請求の範囲 4 又は 5 に記載の FM-CW レーダの信号処理方法。

7.  $\Delta r_b \geq \Delta r_a$ 、及び  $\Sigma \Delta r_b \geq \Sigma \Delta r_a$  のいずれか一方が成り立たなければ、どのデータを採用するかについての判断は行わず次のサイクルで判断する、請求の範囲 4 又は 5 に記載の FM-CW レーダの信号処理方法。

8. 前記相対距離 ( $r_a$ 、 $r_b$ ) の瞬間誤差 ( $\Delta r_a$ 、 $\Delta r_b$ ) を下記の式により求める、請求の範囲 4 又は 5 に記載の FM-CW レーダの信号処理方法。

$$\Delta r_a = \{ (v_{ai} + v_{ai-1}) / 2 \} t - (r_{ai} - r_{ai-1})$$

$$\Delta r_b = \{ (v_{bi} + v_{bi-1}) / 2 \} t - (r_{bi} - r_{bi-1})$$

( $r_{ai}$ 、 $r_{bi}$  は今回求めた相対距離、 $r_{ai-1}$ 、 $r_{bi-1}$  は前回求めた相対距離、 $v_{ai}$ 、 $v_{bi}$  は今回求めた相対速度、 $v_{ai-1}$ 、 $v_{bi-1}$  は前回求めた相対速度、 $t$  は前回から今回までの経過時間)

9. 前回ターゲットが検出されていない場合、上昇時及び下降時のピーク周波数に基き相対距離 ( $r_a$ ) 及び相対速度 ( $v_a$ ) を求め

前記上昇時及び下降時のピーク周波数の一方を折り返して相対距離 ( $r_b$ ) 及び相対速度 ( $v_b$ ) を算出し、

前記相対速度 ( $v_b$ ) が所定の範囲内であって、前記相対距離 ( $r_b$ ) の値が所定の範囲内の場合、折り返さないで求めた前記相対距離 ( $r_a$ ) 及び相対速度 ( $v_a$ ) を採用する、FM-CW レーダの信号処理方法。

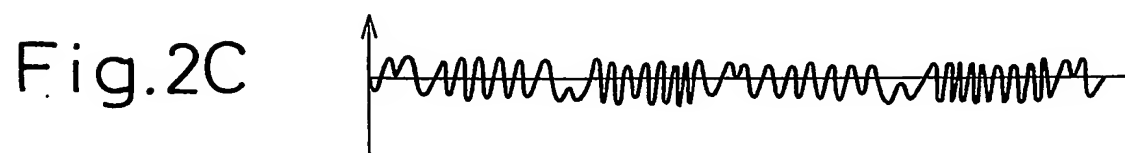
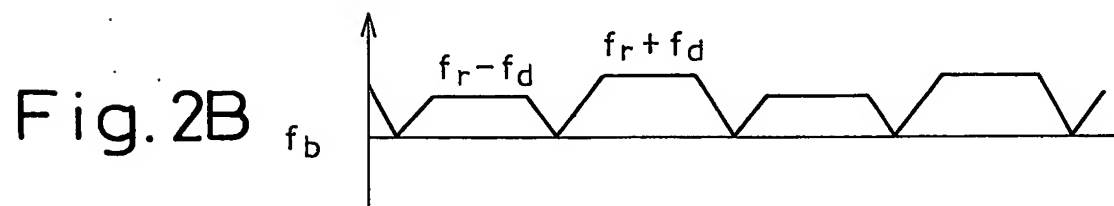
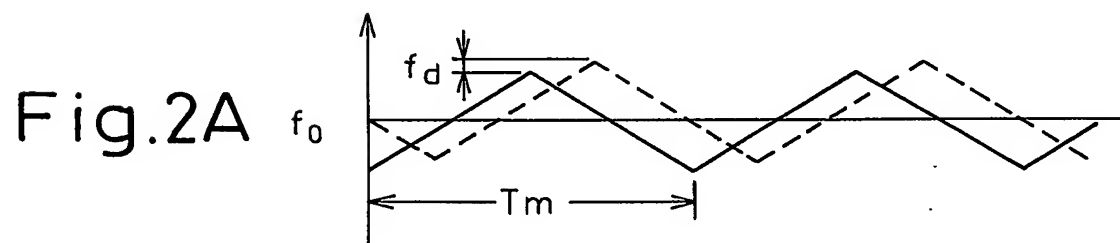
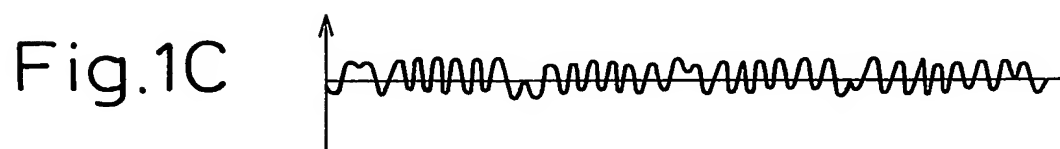
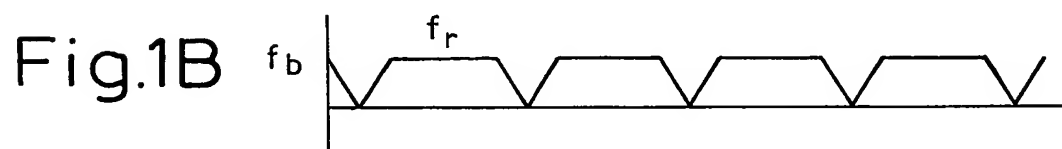
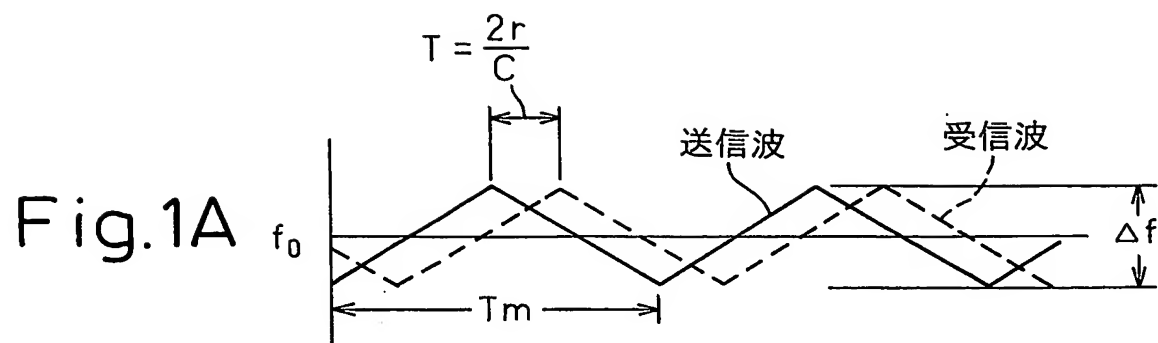


Fig.3

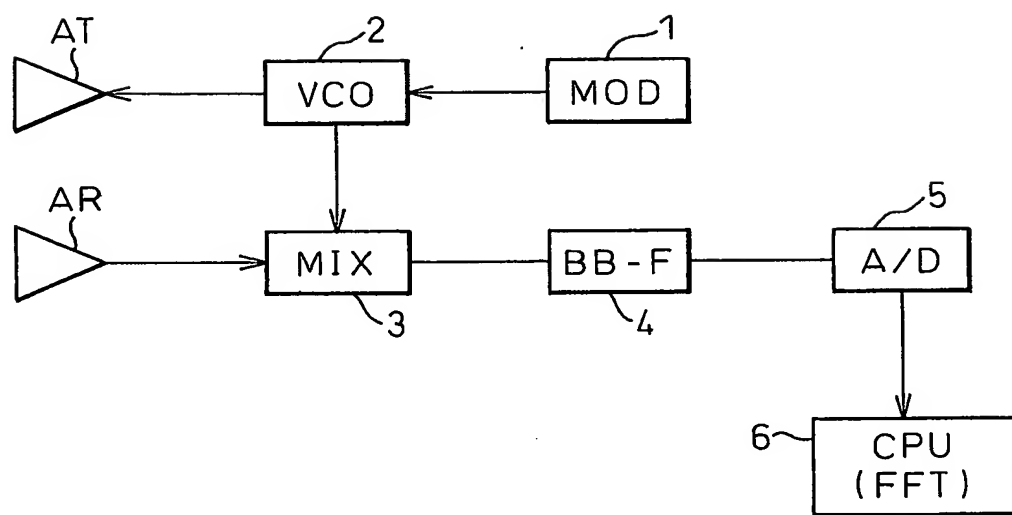




Fig.4A

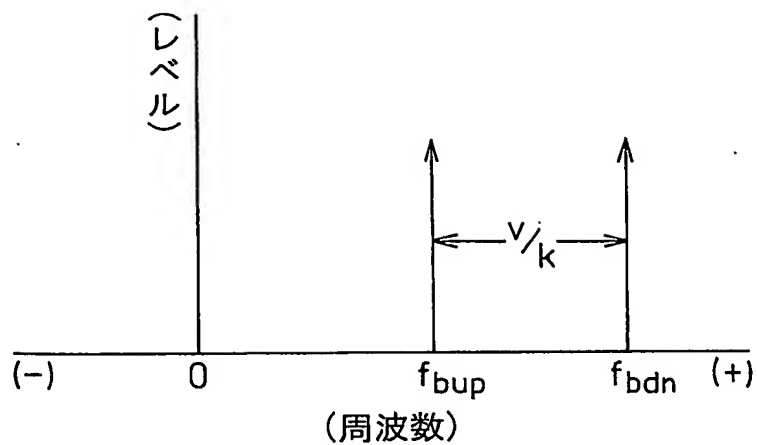


Fig.4B

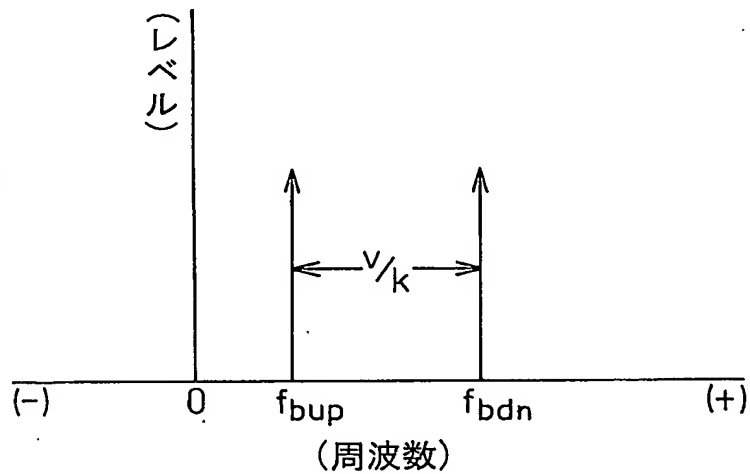


Fig.4C

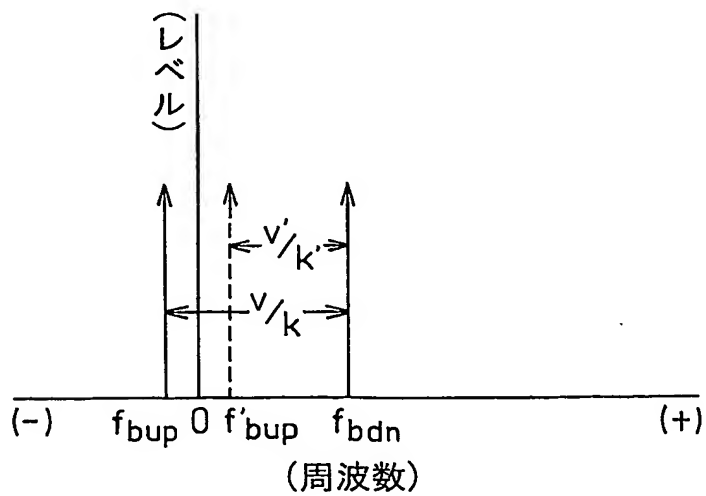


Fig.5A

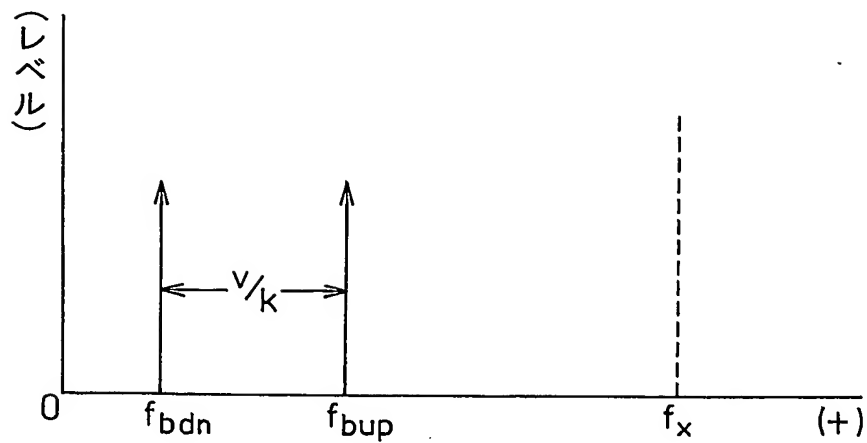


Fig.5B

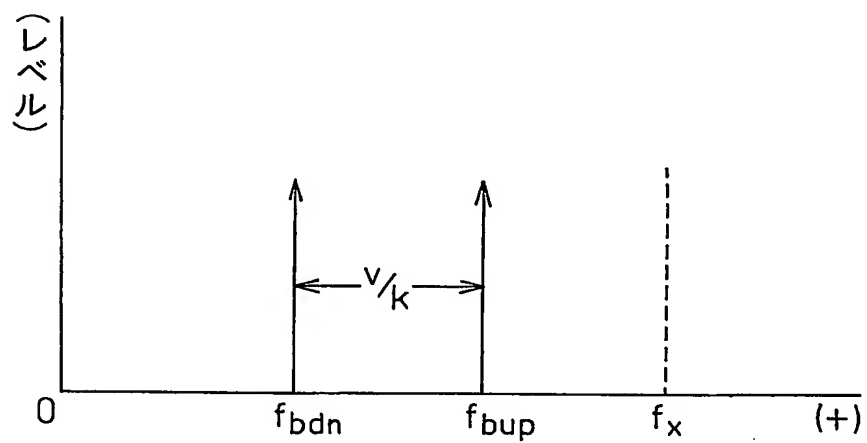


Fig.5C

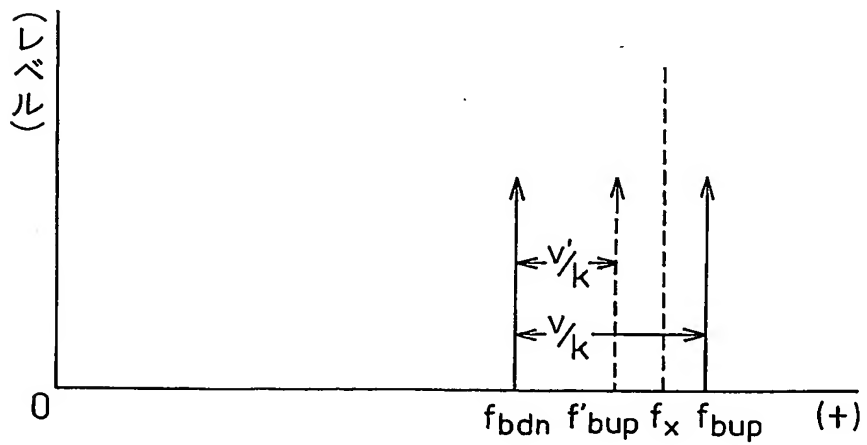


Fig.6

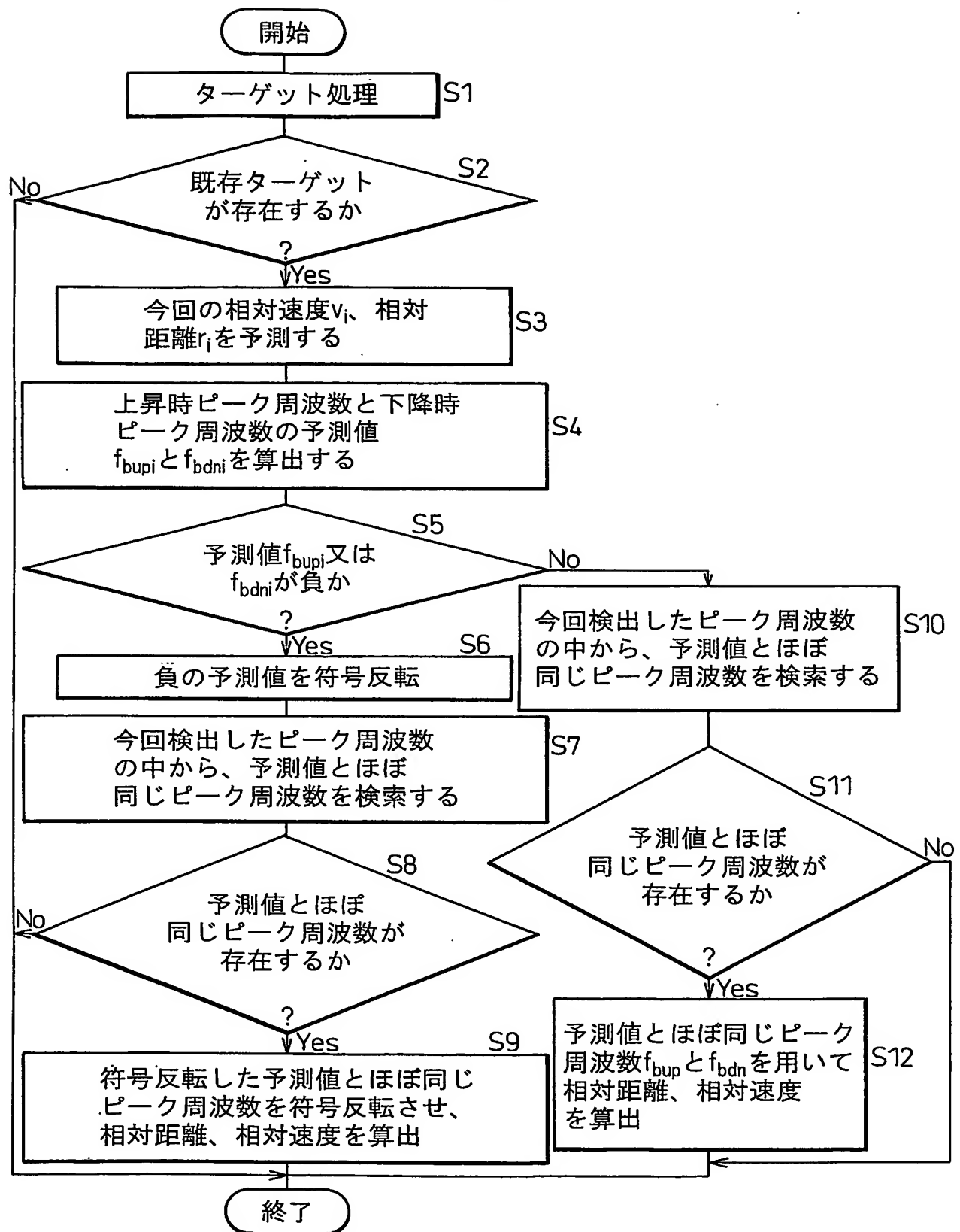


Fig.7

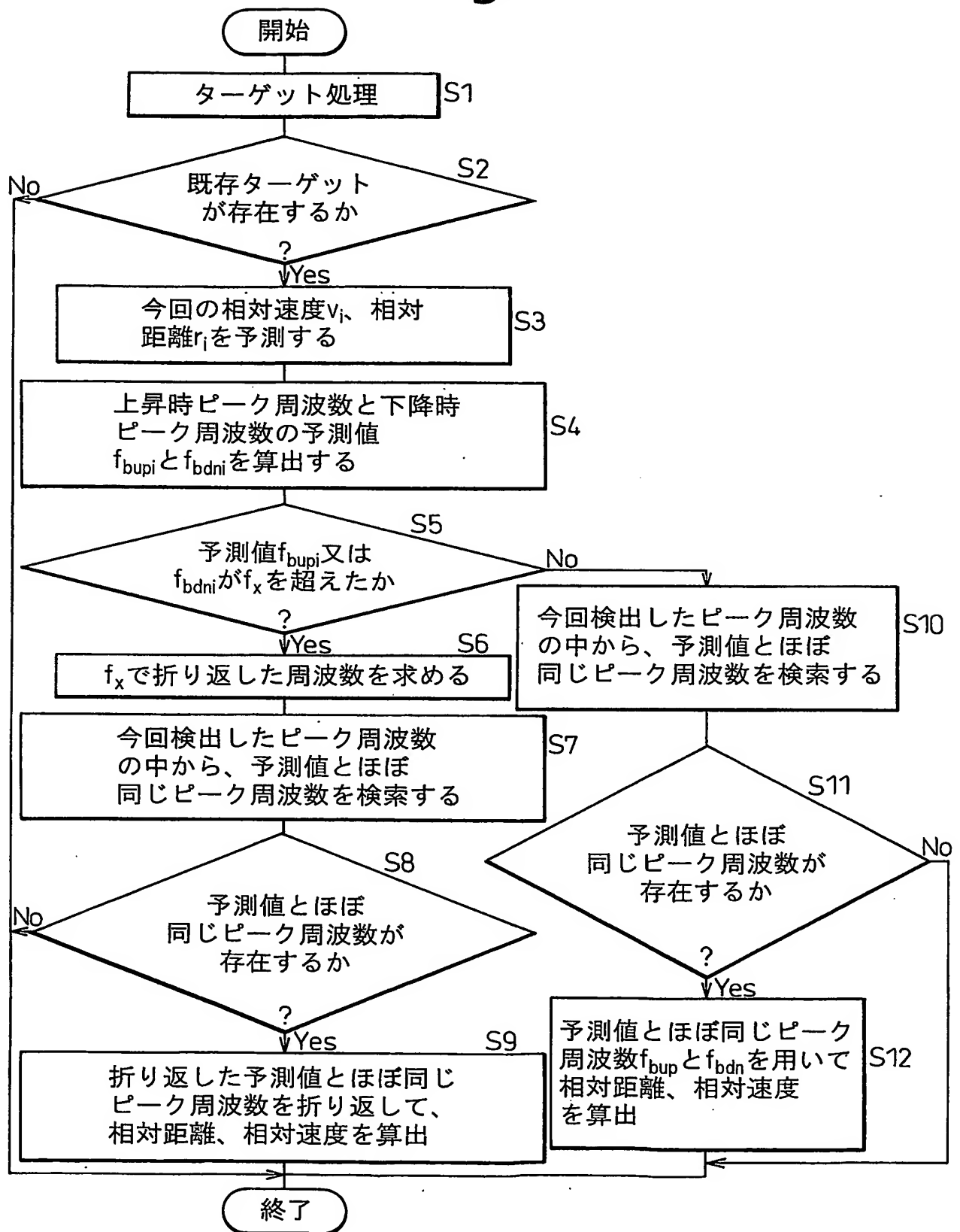


Fig.8

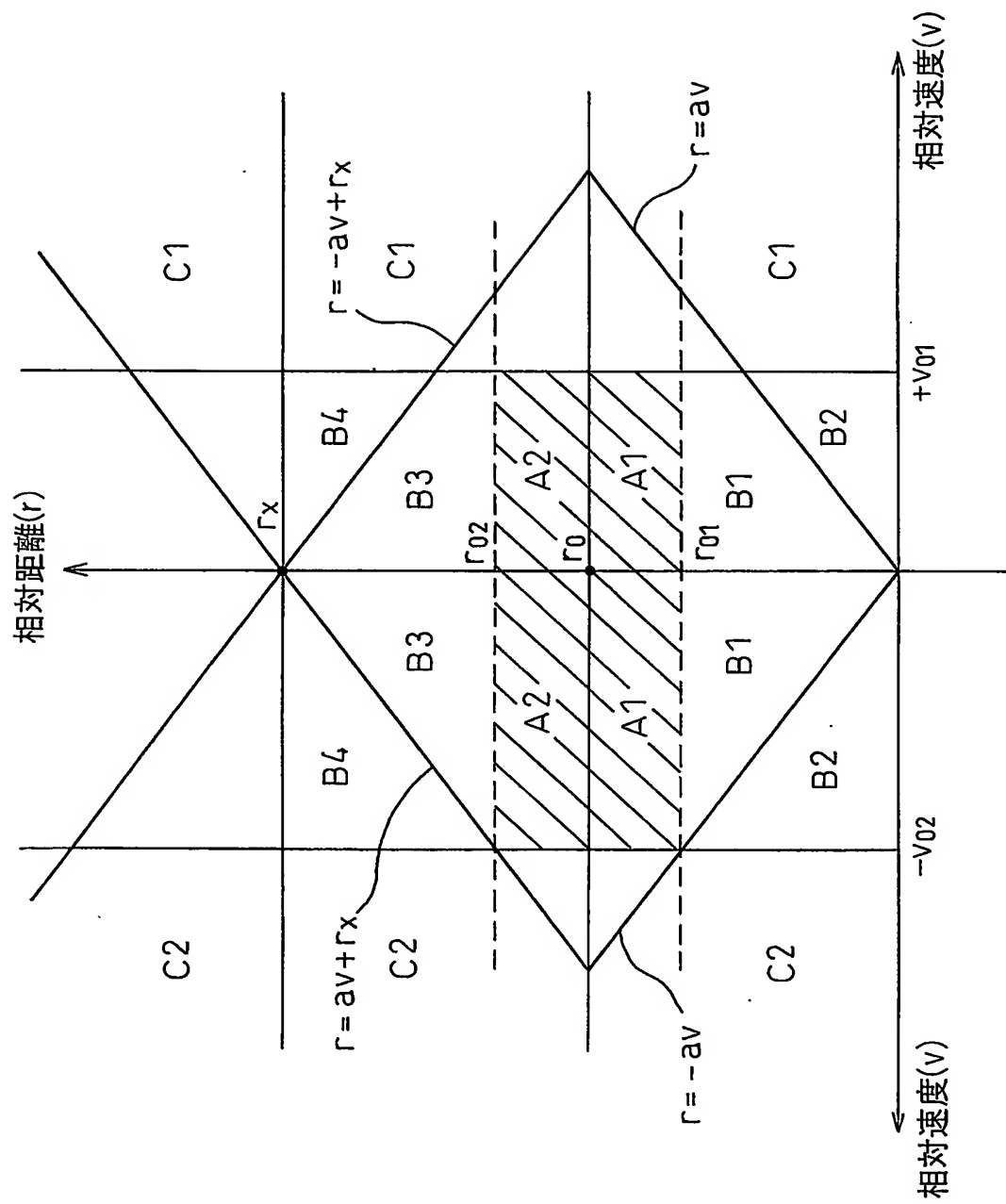


Fig.9

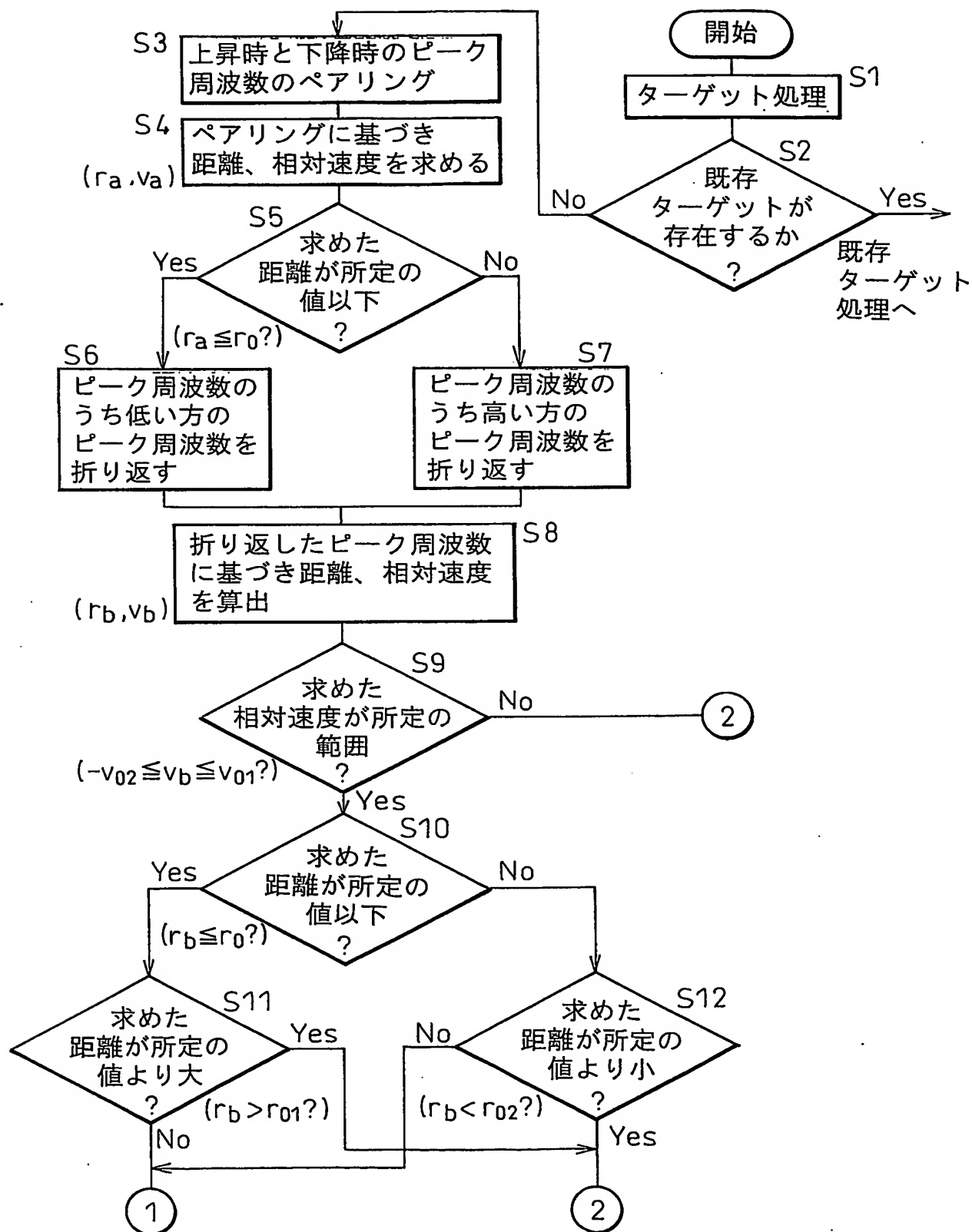


Fig.10

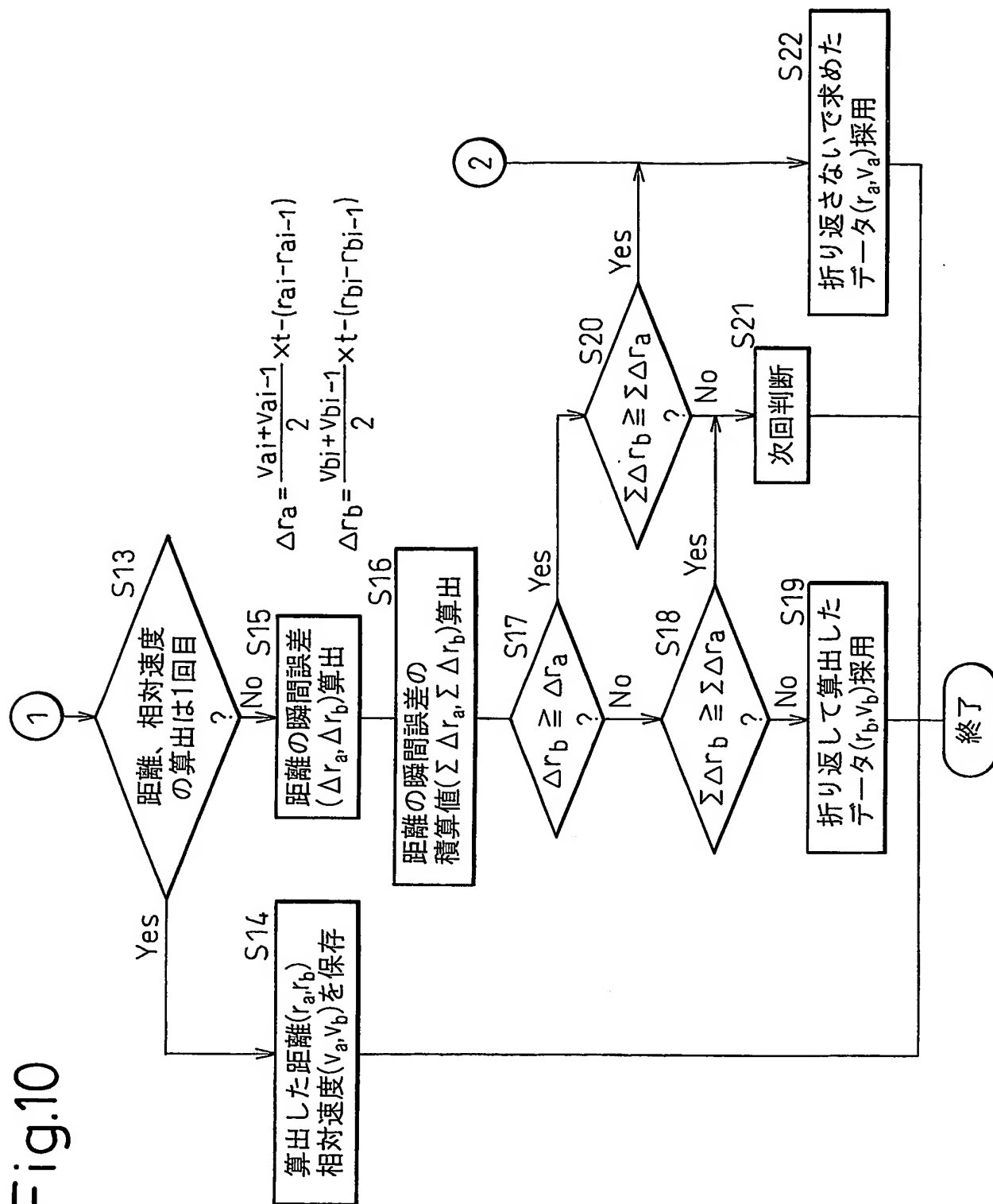
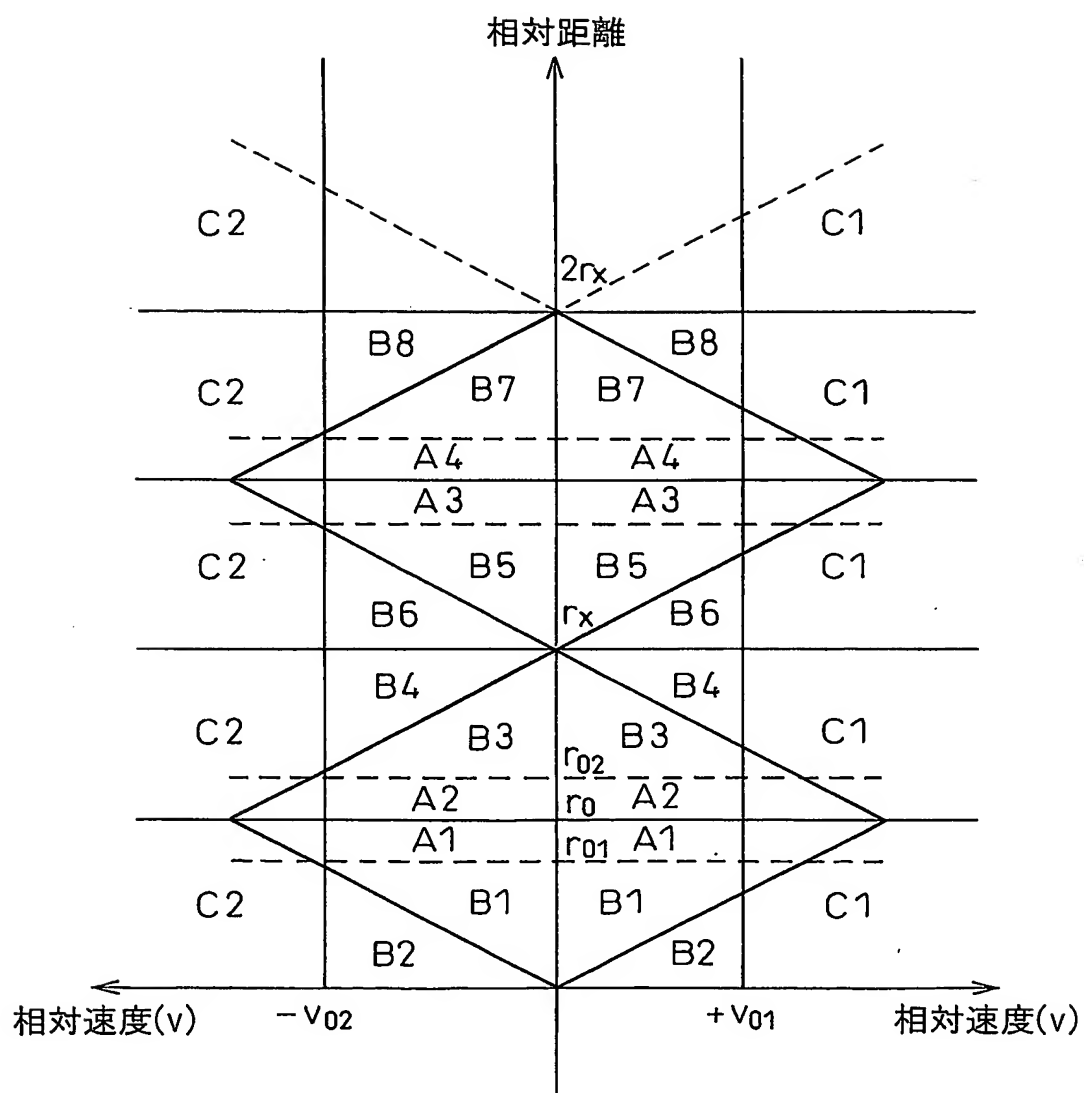


Fig.11





# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/019698

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> G01S13/34

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> G01S13/34

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2005
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2005	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 5-142338 A (Fujitsu Ten Ltd.), 08 June, 1993 (08.06.93), Par Nos. [0007] to [0008], [0017] to [0020] (Family: none)	1-3 4-8
X Y A	JP 2003-315446 A (Mitsubishi Electric Corp.), 06 November, 2003 (06.11.03), Par Nos. [0039] to [0070] & US 2004/0051660 A1 & DE 10317954 A1	9 1-3 4-8
Y	JP 2003-329767 A (Mitsubishi Electric Corp.), 19 November, 2003 (19.11.03), Par No. [0022] (Family: none)	2



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search  
10 February, 2005 (10.02.05)

Date of mailing of the international search report  
01 March, 2005 (01.03.05)

Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/019698

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, A	JP 2004-69340 A (Mitsubishi Electric Corp.), 04 March, 2004 (04.03.04), Par Nos. [0008] to [0020] (Family: none)	1-9
A	JP 2000-321352 A (Mitsubishi Electric Corp.), 24 November, 2000 (24.11.00), Par Nos. [0019] to [0047] & US 6137435 A	1-9

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
Int. Cl<sup>7</sup> G01S13/34

B. 調査を行った分野  
調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))  
Int. Cl<sup>7</sup> G01S13/34

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの ;

日本国実用新案公報 1922-1996年  
日本国公開実用新案公報 1971-2005年  
日本国登録実用新案公報 1994-2005年  
日本国実用新案登録公報 1996-2005年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y A	JP 5-142338 A (富士通テン株式会社) 1993. 06. 08, 段落番号【0007】-【0008】、【0017】-【0020】 (ファミリーなし)	1-3 4-8
X Y A	JP 2003-315446 A (三菱電機株式会社) 2003. 11. 06, 段落番号【0039】-【0070】&US 2004/0051660 A1 &DE 10317954 A1	9 1-3 4-8
Y	JP 2003-329767 A (三菱電機株式会社) 2003. 11. 19, 段落番号【0022】(ファミリーなし)	2

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

\* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

10. 02. 2005

国際調査報告の発送日

01. 3. 2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

大和田 有軌

2S 3206

電話番号 03-3581-1101 内線 3257

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
PA	JP 2004-69340 A (三菱電機株式会社) 2004. 03. 04, 段落番号【0008】-【0020】 (ファミリーなし)	1-9
A	JP 2000-321352 A (三菱電機株式会社) 2000. 11. 24, 段落番号【0019】-【0047】&US 6137435 A	1-9